

BALANÇ DE NUTRIENTS EN L'APLICACIÓ DE RESIDUS ORGÀNICS EN UNA ROTACIÓ DE CULTIUS EXTENSIVS

M. Almansa, X. Martínez, M. Lledó, C. Martorell, G. Muns, J. Seguí, J. Rull, D. Ortiz i M. Soliva
(Escola Superior d'Agricultura de Barcelona, ESAB)

RESUM

S'han fet unes hipòtesis de comportament de tres diferents tipus de residus orgànics (fems de vacum, compost de residus sòlids urbans i fangs de depuradora) aplicats a una rotació de cultius extensius i s'ha calculat el balanç del N. A partir dels resultats obtinguts es discuteix si les hipòtesis han estat les adequades.

Es conclou que els paràmetres analítics contingut en $N-NH^+_4$, MOR, GE i NnH són molt indicats per preveure el comportament dels residus en el sòl i estimar les dosis a aplicar. Els fems s'han comportat com s'esperava; el compost ha presentat problemes d'immobilització i el fang ha alliberat el N més ràpidament del que s'havia previst.

El fet que les pèrdues de N hagin estat altes, en general, permet insistir en què és necessari revisar algunes dosificacions que s'estan fent actualment a l'aplicar residus.

1. Introducció

La producció de fems és, encara, superior a la d'altres materials orgànics d'origen municipal, com els fangs resultants de la depuració d'aigües residuals o el compost procedent de residus sòlids urbans, però aquests darrers productes cada dia s'estan aplicant més en sòls de diferents tipus.

En el marc d'un projecte CICYT (AMB 92-0577) a l'ESAB es van realitzar unes proves (1, 2, 3, 4 i 5) per comparar el comportament dels tres materials indicats en una rotació de cultius extensius. Es considera que si les característiques dels materials són les adequades, els tres poden ser utilitzats indistintament, però el seu comportament no és el mateix i cal conèixer-lo per poder establir els consells de càlculs de dosis i d'ús que siguin pertinents.

En aquesta comunicació es presenten els balaços del N aportat a cada conreu, a partir de les característiques de cada residu i de les extraccions dels cultius, per destacar les quantitats de productes i de nutrients que es manegen i com hi influeixen les característiques de cada producte.

2. Materials i mètodes

Els materials que es varen comparar són: 1) fems de vacum, de la finca experimental de la nostra escola (Torre Marimon); 2) fangs de la depuradora de Vilafranca del Penedès i 3) compost de la planta de compostatge de la mateixa població. En la taula 1 s'indiquen les característiques mitjanes d'aquests

materials i es destaquen en negreta els paràmetres més rellevants de cadascun. Cal assenyalar que el compost no tenia una qualitat satisfactòria, ni pel contingut de contaminants ni pel grau d'estabilitat.

Les hipòtesis de treball per determinar les quantitats de materials que calia aportar foren les següents:

- a) Considerar el residu com a esmena orgànica (equivalent a l'aportació de 25 t de fems/ha).
- b) Considerar el residu orgànic com a font de N i suposar que:
 - tot el N mineral passa al primer cultiu;
 - el N orgànic s'allibera en 24 mesos (60% el primer any i 40% el segon);
 - hi ha una mineralització homogènia durant tots els mesos;
 - el N mineralitzat en els períodes de repòs dels cultius es perd.

L'experiència es va realitzar a Torre Marimon, en una parcel·la de 25 x 36 m², amb un disseny estadístic amb 10 tractaments i 4 blocs amb les parcel·les del mateix tractament contigües. En la figura 1 s'indica el calendari de la rotació. Degut a què el sòl presentava, inicialment, una certa heterogeneïtat en continguts de matèria orgànica i fòsfor Olsen (figures 2 i 3) pot haver influït en els resultats obtinguts.

Per fer els càlculs d'adobament es varen tenir en compte les extraccions dels cultius, en funció dels rendiment esperats per a aquella zona.

Taula 1. Composició dels residus aplicats en el primer cultiu (blat de moro)

Paràmetres	RSU	Fang	Fems de Vacú
PH	6,50	6,85	7,95
CE dS/m	10,00	2,20	3,90
% H	43,62	83,42	45,05
ppm N-NH ₄ sol	2.735	11.365	109
ppm N-NO ₃	88	70	947
% MOT	58,87	67,33	45,05
% N _{org}	1,47	5,32	2,05
C/N	20,00	6,00	11,00
% MO resistent	13,82	18,38	22,11
% Grau d'estabilitat (MOR/MOT)	23,49	27,31	49,09
% NnH	0,42	0,75	1,05
% P	0,34	2,47	1,36
% K	0,53	0,56	2,34
% Ca	6,36	6,00	5,67
% Mg	0,44	0,59	1,10
% Na	0,60	0,24	0,43
% Fe	0,53	0,48	0,80
ppm Zn	208	662	281
ppm Mn	101	95	458
ppm Cu	109	310	75
ppm Ni	80	45	54
ppm Cr	84	61	52
ppm Pb	152	121	22
ppm Cd	<1	1	<1

MO resistent es refereix a la matèria orgànica estable, la qual, referida al contingut total, ens dona el grau d'estabilitat GE; NnH es refereix al nitrogen orgànic no hidrolitzables o sigui més resistent.

3. Resultats i discussió

Les anàlisis del sòl fetes al final de l'experiència indiquen que hi ha hagut un increment del contingut en MO en tots els tractaments (figura 2), més acusat en els casos de dosi alta de fems i de compost i que el contingut en fòsfor Olsen (figura 3) s'ha incrementat molt amb els tractaments amb dosis altes de fems i de fang.

Figura 2. Continguts de MO en el sòls inicials i finals

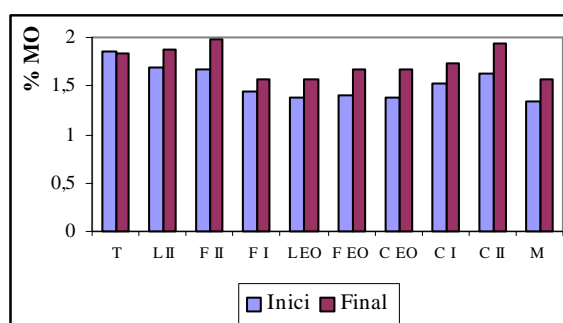
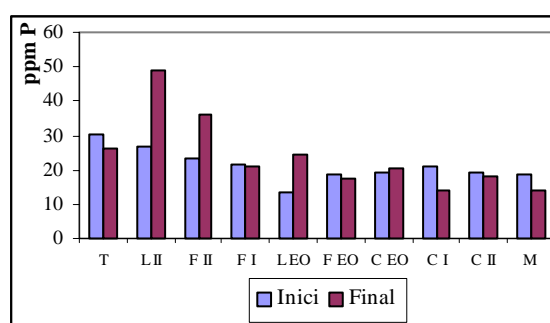


Figura 3: Contingut en fòsfor assimilable del sòl al inici i final de la rotació, expressat en ppm sobre mostra seca.



T: testimoni; L II: fangs II; F II: fems II; F I: fems I; L EO: fangs esmena orgànica; F EO: fems esmena orgànica; C EO: compost esmena orgànica; C I: compost I; C II: compost II; M: mineral.

La taula 2 resumeix les produccions dels diferents cultius de la rotació. El de pèsol va ser afectat, en general, per antracnosi (*Ascochyta pisi*), i d'una manera especial el tractament testimoni.

Taula 2. Produccions (kg/ha) dels diversos cultius de la rotació

Tractament	Blat de moro	Ordi	Colza	Pèsol
Testimoni	11.292 a	4.708 ab	1.173 d	58 c
TII fang	10.651 a	4.890 ab	2.563 a	501 ab
TII fem	11.780 a	5.872 a	1.800 bc	500 ab
TI fem	10.276 a	5.745 a	2.078 ab	461 ab
EO fang	10.264 a	4.062 b	2.263 ab	628 a
EO fem	11.920 a	4.946 ab	2.415 ab	383 ab
EO compost	10.523 a	5.144 ab	2.548 a	350 ab
TI compost	10.253 a	4.848 ab	2.253 ab	420 ab
TII compost	9.610 a	5.912 a	1.475 cd	403 ab
Mineral	11.478 a	4.653 ab	2.158 ab	262 b

TII: dosi alta; TI: dosi baixa; EO: esmena orgànica.

Els valors no seguits per la mateixa lletra són significativament diferents ($p < 0,05$)

En les taules 3 i 4 s'indiquen les quantitats de residus aportades als diferents cultius segons cada tractament, així com la quantitat de matèria orgànica (MO), N orgànic i N mineral que els corresponen. S'indiquen també la quantitat estimada aprofitable de N, d'acord amb les hipòtesis de treball, i les extraccions realitzades per la part aèria del cultiu i se'n fa el balanç. Es pot destacar que:

- Que s'han aportat quantitats de MO diferents en els tractament II i I.
- El fang i, en menor mesura, el compost aporten una gran quantitat de N en forma amoniacal.
- En tots tractaments esmena orgànica (EO) la quantitat de MO aportada amb el residu és força semblant, però cal aportar nitrogen mineral en diferents quantitats segons el material emprat.
- Les quantitats de N extretes són inferiors a les aportades en el cas del blat de moro, raó per la qual a l'ordi només li cal una petita quantitat de fang, ja que es va suposar que aprofitava el nitrogen residual de les aportacions anteriors (figura 1). En aquest cultiu, en canvi, les extraccions han estat superiors al nitrogen estimat aprofitable.
- Els tractaments esmena orgànica, amb el temps, es van semblant més al tractament mineral.
- En el darrer conreu (pèsol), al ser una lleguminosa, no es va fer cap aportació de residus; per això, a la taula 4 tant sols s'indiquen les quantitats de nitrogen estimades residuals.

Taula 3. Balanç del nitrogen (kg/ha) en els cultius de blat de moro, ordi i colza

Tractament	Aportació residu				Aportació mineral	Aportació total (1)	Extraccions (2)	Balanç (1) – (2)
	Matèria humida	Matèria orgànica	N orgànic	Amoníac				
Blat de moro								
TII fang	58500	7122,2	382,6	303,7		389,7	196,1	193,6
TII fems	91700	14352,2	656,2	78,6	55,0	281,2	223,6	57,6
TI fems	45800	7168,2	327,7	39,3	182,4	295,4	205,2	90,2
EO fang	25000	3043,7	163,5	129,8	130,6	297,1	199,8	97,3
EO fem	25000	3912,8	178,9	21,4	238,8	300,5	225,6	74,9
EO compost	9300	3548,0	68,9	19,8	268,3	303,6	207,6	96,0
TI compost	40500	15450,8	300,2	86,1	138,8	292,4	182,7	109,7
TII compost	81000	30901,5	600,4	172,2		307,2	176,6	130,6
Mineral					306,7	306,7	240,2	66,5
Testimoni							208,3	-208,3
Ordi								
TII fang	2990,0	634,1	28,2	17,6		103,6	136,0	-32,4
TII fems						136,5	153,0	-16,5
TI fems					33,1	101,3	174,7	-73,4
EO fang					67,9	101,9	149,3	-47,4
EO fem					64,9	102,1	175,8	-73,8
EO compost					88,1	102,4	178,3	-75,9
TI compost					49,5	111,9	148,8	-36,9
TII compost						124,9	148,5	-23,6
Mineral					102,3	102,3	161,6	-59,3
Testimoni							121,3	-121,3
Colza								
TII fang	19900	2232	190,8	51,9		157,7	155,4	2,2
TII fems	16100	2600	95,4	31,7		175,1	106,0	69,1
TI fems	7400	1195	43,9	14,6	105,8	192,0	118,4	73,5
EO fang					172,1	207,4	153,3	54,1
EO fem					168,1	206,7	155,3	51,4
EO compost					194,1	209,0	159,9	49,1
TI compost	6900	2203	44,4	5,8	105,0	185,4	147,5	38,0
TII compost	13800	4406	88,8	11,6		160,8	84,4	76,3

Mineral					210,1	210,1	135,9	74,2
Testimoni							87,5	-87,5

Taula 4. Balanç del nitrogen (kg/ha) en el cultiu del pèsol i balanç global de la rotació

Tractament	Cultiu del pèsol		Global rotació					
	Extraccions	Balanç	Aportació total real	Aportació estimada	Extracció total	EU real	EU estimada	EU neta
TII fang	104,0	-57,2	974,8	697,8	591,5	0,61	0,85	0,20
TII fems	97,6	-75,3	916,9	615,1	580,2	0,63	0,94	0,20
TI fems	77,8	-67,6	746,8	598,9	576,1	0,77	0,96	0,20
EO fang	80,8	-80,8	663,8	606,4	583,2	0,88	0,96	0,21
EO fem	71,3	-71,3	672,1	609,3	628,0	0,93	1,03	0,28
EO compost	66,2	-66,2	639,2	615,0	612,0	0,96	1,00	0,26
TI compost	71,3	-60,9	729,8	600,1	550,3	0,75	0,92	0,16
TII compost	83,5	-62,8	872,9	613,6	493,0	0,56	0,80	0,06
Mineral	64,6	-64,6	619,0	619,1	602,3	0,97	0,97	0,24
Testimoni	37,3	-37,3			454,5			

EU = Eficiència d'ús

En aquesta darrera taula s'hi inclouen el balanç global de la rotació i les eficiències d'ús del N (EU) determinades segons les equivalències:

$$EU_{neta} = (N_{abs} - N_{abs \text{ pel control}}) / N_{aportat}$$

$$EU_{real} = N_{abs} / N_{aportat \text{ real}}$$

$$EU_{estimada} = N_{abs} / N_{aportat \text{ estimat}}$$

De fet, la diferència entre l'aportació total real i l'estimada depèn molt de la hipòtesi de pèrdua del N mineralitzat en les etapes intercultius, sovint d'una durada superior a la desitjable (Figura 1). Per raons d'espai no s'inclouen les EU per a cada conreu, les quals ajudarien aclarir els resultats trobats.

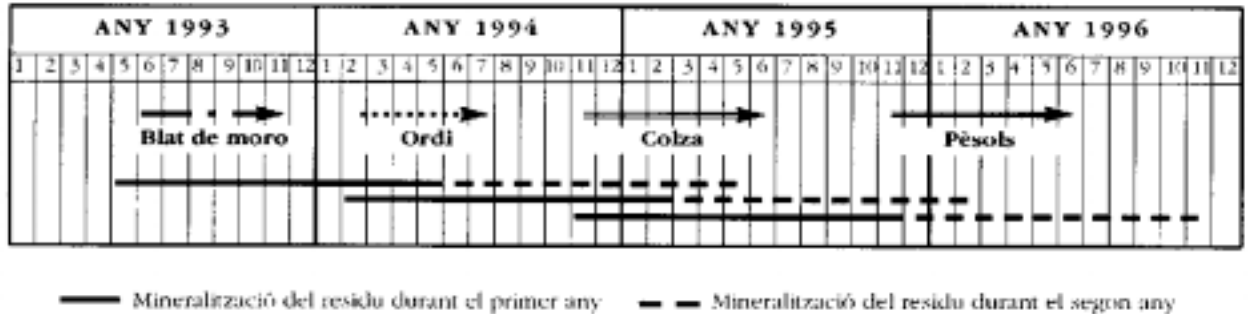
La EU neta és mínima en el tractament Compost II i és més baixa en el Compost I que en els restants; això pot indicar que el material aplicat té algun efecte que no permetria que el N aportat contribuís a incrementar la producció com es pot esperar. Se suposa que el N es va immobilitzar (8 i 9) per manca d'estabilitat del material¹. Els tractaments d'esmena orgànica (fems i compost) i mineral presenten la EU més alta.

La EU real és mínima en els tractaments amb dosi alta, i és màxima en els d'esmena orgànica i d'adob mineral: quan no s'aporta matèria orgànica o molt poca, la dinàmica del N és molt més simple.

La EU estimada és més baixa en els tractament dosi alta de fang i de compost (però no de fems). Per tant, l'estimació feta en la hipòtesi de treball és prou vàlida per als fems, però no per als altres dos residua, si bé per raons diferents. Els cultius adobats amb compost no han pogut aprofitar el N en el

moment adequat degut a la immobilització (8), com s'ha comentat i, en canvi, el fang possiblement s'ha mineralitzat massa ràpid i no haurà deixat N disponible en el moment que el necessitaven les plantes.

Figura 1. Calendari de la rotació



3. Conclusions

- ✓ Els paràmetres analítics com el contingut en $N-NH_4^+$, MOR, GE i NnH són d'especial interès per preveure el comportament dels residus en el sòl i estimar les dosis a aplicar.
- ✓ Els fems s'han manifestat un comportament proper al que s'ha suposat; el compost, en canvi, ha presentat problemes d'immobilització per manca d'estabilitat i el fang, al ser a la vegada molt ric en N i poc estable, ha alliberat aquest nutrient més ràpidament del que s'esperava.
- ✓ Els balanços posen en evidència que malgrat tenir en compte les extraccions esperades i unes determinades hipòtesis de mineralització, les pèrdues de N han estat altes en general. Això permet remarcar que és necessari revisar algunes dosificacions que s'estan fent actualment a l'aplicar residus.

BIBLIOGRAFIA

1. LLEDÓ, M. (1995). «Estudi de la influència de l'aplicació de residus orgànics com a adob i com esmena sobre la producció del cultiu de blat de moro». *Treball Final de Carrera*. ESAB.
2. RULL, J. (1997). «Influència de diferents residus orgànics (fangs de depuradora, fems i compost de RSU) sobre la producció i composició de les diferents fraccions del blat de moro». *Treball Final de Carrera*. ESAB.
3. MARTORELL, C.; MUNS, G. (1995). «Efecte de l'aplicació de residus urbans i de fems, en un

¹ Es van fer determinacions de nitrats en sòl i després de les aplicacions de compost a dosis altes sempre trovabem continguts molt més baixos que als altres tractaments (9)
 Article presentat al IV Congrés de la ICEA. Tarragona, Octubre 2000

- conreu d'ordi de primavera». *Treball Final de Carrera*.ESAB.
4. SEGUÍ, J. (1997). «Utilització de residus orgànics alternatius als fems: efectes sobre un cultiu de colza i un de pèsol». *Treball Final de Carrera*. ESAB.
 5. ORTIZ ,D. (1996). «Efectes residuals de l'aplicació, durant tres anys, de residus orgànics sobre el sòl i sobre un cultiu de pèsol proteaginós». *Treball Final de Carrera*. ESAB.
 6. ARIAS, M. (1995). «Efecte de l'aplicació de fang de depuradora, compost de RSU i fems en l'evolució a curt termini del fòsfor en el sòl». *Projecte Final de Carrera*. Escola Lleida
 7. FERNÁNDEZ, I. (1996). «Influencia de la fertilización orgánica sobre la composición de la colza». *Treball Final de Carrera*. ESAB.
 8. NAVARRO, M.; PUJOLÀ, M.; SOLIVA, M.; GARAU, M.A. (1989). «Nitrogen mineralization study in compost». *Acta Horticulturae*, 302.
 9. ROVIRA, S. (1997). «Seguiment de la composició aniònica de l'extracte aquós d'un sòl adobat amb residus orgànics». *Treball Final de Carrera*. ESAB.